

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-203808

(43)Date of publication of application : 30.07.1999

(51)Int.Cl.

G11B 21/10

(21)Application number : 10-007271

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO
LTD

(22)Date of filing : 19.01.1998

(72)Inventor : UMEDA YOSHIO
TAKASO HIROSHI
INAGAKI TATSUHIKO
KUWAMOTO MAKOTO
WADA TOSHIYUKI

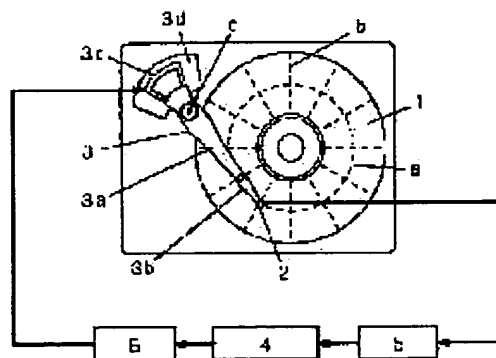
(54) INFORMATION RECORDING AND REPRODUCING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the positioning accuracy in which a limit generates by the presence of the vibration modes of an actuator for positioning a head.

SOLUTION: This device is furnished with an information recording/ reproducing medium 1, a head 2 for recording/reproducing information while relatively moving against this medium, an actuator 3 movable in response to a command and a control part for controlling the movement by giving the command to the actuator 3 based on a signal reproduced by the head 2, then, the actuator 3 is provided with at least one or more vibration modes in

addition to a motion mode as a rigid material and the control part is constituted of an internal model including at least one or more vibration modes of the actuator 3 and includes a condition estimating part for estimating the amounts of condition of the vibration modes and rigid material mode of the actuator 3 from the control amounts corresponding to a reproducing signal of the head 2 and the movement command to the actuator 3 and a control amount producing part for producing the control amount from each of the amounts of the estimating condition estimated by the condition estimating part.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-203808

(43) 公開日 平成11年(1999) 7 月30日

(51) IntCl.⁸

G 1 1 B 21/10

識別記号

F I

G 1 1 B 21/10

V

E

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-7271

(22) 出願日 平成10年(1998) 1 月19日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 梅田 善雄

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 高祖 祥

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 稲垣 辰彦

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 井理士 滝本 智之 (外1名)

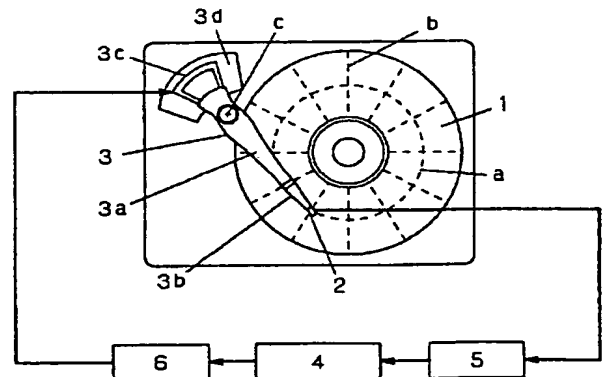
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 情報記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 ヘッドの位置決めを行うアクチュエータの振動モードの存在によって限界が生じていた位置決め精度を向上させることことを目的とする。

【解決手段】 本発明は、情報記録再生媒体と、それに対し相対的に移動しながら情報の記録再生を行うヘッドと、ヘッドを支持し、指令に応じて移動可能なアクチュエータと、ヘッドにより再生された信号に基づきアクチュエータに指令を与えて移動を制御する制御部とを備え、アクチュエータは剛体としての運動モードに加えて少なくとも一つ以上の振動モードを有し、制御部は少なくとも一つ以上のアクチュエータの振動モードを含んだ内部モデルにより構成され、ヘッドの再生信号と、アクチュエータへの移動指令に対応する制御量とからアクチュエータの振動モードおよび剛体モードの状態量を推定する状態推定部と、状態推定部によって推定された各推定状態量から制御量を生成する制御量生成部を含む。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 情報記録再生媒体と、前記情報記録再生媒体に対し相対的に移動しながら情報の記録再生を行うヘッドと、前記ヘッドを支持し、指令に応じて移動可能なアクチュエータと、前記ヘッドにより再生された信号に基づき前記アクチュエータに指令を与えて移動を制御する制御部とを備え、前記アクチュエータは剛体としての運動モードに加えて少なくとも一つ以上の振動モードを有し、前記制御部は、前記ヘッドの再生信号と、前記アクチュエータへの移動指令に対応する制御量とから少なくとも一つ以上の前記アクチュエータの振動モードを含んだ内部モデルにより前記アクチュエータの振動モードおよび剛体モードの状態量を推定する状態推定部と、前記状態推定部によって推定された各推定状態量から前記制御量を生成する制御量生成部とを含むことを特徴とする情報記録再生装置。

【請求項 2】 状態推定部の内部モデルに含まれる振動モードは、アクチュエータの動作制御帯域周波数の 1/5 倍以内の固有振動周波数であることを特徴とする請求項 1 に記載の情報記録再生装置。

【請求項 3】 状態推定部の内部モデルに含まれる振動モードは、伝達関数の周波数特性が固有振動周波数付近で位相遅れ特性を示すことを特徴とする請求項 1 に記載の情報記録再生装置。

【請求項 4】 制御部は周波数 f_s でヘッドからの再生信号をデジタル信号に変換するアナログ・デジタル変換部と、制御量を前記周波数 f_s でアナログ信号に変換するデジタル・アナログ変換部とを備え、状態推定部および制御量生成部は前記周波数 f_s の周期 $T_s (=1/f_s)$ 毎にデジタル演算を行うものであり、前記状態推定部の内部モデルに含まれる振動モードは前記周波数 f_s の $1/2$ 以下であることを特徴とする請求項 1、2 または 3 に記載の情報記録再生装置。

【請求項 5】 情報記録再生媒体には所定の位置関係でアクチュエータの移動制御用のサーボ信号が記録されており、制御部はヘッドが再生した前記サーボ信号を検出してデジタル信号に変換するアナログ・デジタル変換部と、制御量を前記アナログ・デジタル変換部の変換周波数 f_s でアナログ信号に変換するデジタル・アナログ変換部とを備え、状態推定部および制御量生成部は前記周波数 f_s の周期 $T_s (=1/f_s)$ 毎にデジタル演算を行うものであり、前記状態推定部の内部モデルに含まれる振動モードは前記周波数 f_s の $1/2$ 以下であることを特徴とする請求項 1、2 または 3 に記載の情報記録再生装置。

【請求項 6】 状態推定部は周波数 f_{s1} とは異なる周波数 f_{s2} の周期 $T_{s2} (=1/f_{s2})$ 毎にデジタル演算を行うことを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の情報記録再生装置。

【請求項 7】 周波数 f_{s2} が周波数 f_s より大きいことを

特徴とする請求項 6 に記載の情報記録再生装置。

【請求項 8】 状態推定部は現在の時刻 t と $t-T_{s2}$ の間でサーボ信号が検出されアナログ・デジタル変換部によってデジタル信号に変換された場合は、前記サーボ信号のデジタル信号と、制御量生成部の出力である制御量とを入力として状態量を推定し、現在の時刻 t と $t-T_{s2}$ の間でサーボ信号が検出されなかった場合は、制御量生成部の出力である制御量を入力として状態量を推定することを特徴とする請求項 7 に記載の情報記録再生装置。

【請求項 9】 状態推定部の内部モデルに含まれる振動モードは周波数 f_{s2} の $1/2$ 以下であることを特徴とする請求項 6、7 または 8 に記載の情報記録再生装置。

【請求項 10】 アクチュエータの振動を検出する振動センサーを有し、状態推定部はヘッドの再生信号と、前記アクチュエータへの移動指令に対応する制御量と、前記振動センサーの出力信号から前記アクチュエータの振動モードおよび剛体モードの状態量を推定することを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の情報記録再生装置。

【請求項 11】 アクチュエータの振動を検出する振動センサーと、前記振動センサーの出力信号を周波数 f_{s2} でデジタル信号に変換する第 2 のアナログ・デジタル変換部を有し、状態推定部は現在の時刻 t と $t-T_{s2}$ の間でサーボ信号が検出されアナログ・デジタル変換部によってデジタル信号に変換された場合は、前記サーボ信号のデジタル信号と、制御量生成部の出力である制御量と、前記振動センサーのデジタル信号とを入力として状態量を推定し、現在の時刻 t と $t-T_{s2}$ の間でサーボ信号が検出されなかった場合は、制御量生成部の出力である制御量と前記振動センサーのデジタル信号とを入力として状態量を推定することを特徴とする請求項 8 に記載の情報記録再生装置。

【請求項 12】 状態推定部は、アクチュエータの剛体モードを含まず、振動モードを少なくともひとつ含んだ内部モデルにより構成された振動モード推定部と、剛体モードを含んだ内部モデルにより構成された剛体モード推定部からなり、前記振動モード推定部は前記アクチュエータへの移動指令に対応する制御量と、前記振動センサーの出力信号から前記アクチュエータの振動モードの状態量を推定し、前記剛体モード推定部はヘッドの再生信号と、前記振動センサーの出力信号から前記アクチュエータの剛体モードの状態量を推定し、制御量生成部は前記振動モード推定部と前記剛体モード推定部からの各推定状態量から前記制御量を生成することを特徴とする請求項 10 に記載の情報記録再生装置。

【請求項 13】 状態推定部は、アクチュエータの剛体モードを含まず、振動モードを少なくともひとつ含んだ内部モデルにより構成された振動モード推定部と、剛体モードを含んだ内部モデルにより構成された剛体モード推定部からなり、前記振動モード推定部は周波数 f_{s2} の

周期 T_{s2} ($=1/f_{s2}$) 毎に前記アクチュエータへの移動指令に対応する制御量と、振動センサーのデジタル信号から前記アクチュエータの振動モードの状態量を推定し、前記剛体モード推定部は周波数 f_s の周期 T_s ($=1/f_s$) 毎にサーボ信号のデジタル信号と、前記振動センサーのデジタル信号から前記アクチュエータの剛体モードの状態量を推定し、制御量生成部は前記振動モード推定部と前記剛体モード推定部からの各推定状態量から前記制御量を生成することを特徴とする請求項11に記載の情報記録再生装置。

【請求項14】 振動センサーは加速度センサーであることを特徴とする請求項10～13のいずれか1項に記載の情報記録再生装置。

【請求項15】 情報記録再生媒体は磁気ディスクであり、ヘッドは磁気ヘッドであることを特徴とする請求項1～14のいずれか1項に記載の情報記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、情報を記録再生可能な媒体にヘッドにより記録再生を行う記録再生装置に関し、特にアルミやガラス、プラスチックなどで形成された円盤状の基板表面に磁気記録再生層あるいは光記録再生層を形成し、磁気ヘッドあるいは光ピックアップなどの記録再生ヘッドによって情報を記録再生するディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年パーソナルコンピュータの普及と進歩に伴い、外部記憶装置として光ディスクドライブ、磁気ディスクドライブなどのディスク装置が数多く用いられるようになってきている。コンピュータのソフトウェアの肥大化や扱うデータの大容量化に伴い、これら外部記憶装置としてのディスク装置も大容量化が求められている。またコンピュータのみならず、デジタル技術を応用して映像、音声を記録再生するデジタルAV機器などにもその高速性、大容量性を生かしたディスク装置が用いられつつあるが、膨大なデータ量となるデジタルAV情報を記録再生するために大容量なディスク装置が望まれている。その中でも特に高速な磁気ディスク装置は適用範囲も広くその中核的位置づけであり大容量化に対する要求はますます強くなってきている。

【0003】以下、従来の磁気ディスク装置について説明する。図11は従来の磁気ディスク装置の一例を示した概略説明図である。図において1は磁気ディスク、2は磁気ディスク1に情報の記録再生を行う磁気ヘッド、3は磁気ヘッド2を先端に搭載し磁気ディスク1の任意の半径位置に位置決め動作を行うアクチュエータ、5は磁気ヘッド2の再生信号を検出、増幅するヘッドアンプ、4はヘッドアンプの出力から磁気ディスク1に対する磁気ヘッド2の相対位置を検出しアクチュエータ3を磁気ディスク1上の所定の位置に位置決めするための制

御信号を出力するコントローラ、6は制御信号に対応する電流をアクチュエータ3へ供給するドライバである。また図示していないが、磁気ディスク1を回転駆動するスピンドルモータや、ホストとデジタル情報のやりとりを行うインターフェース部、それらの情報を蓄えて効率よく磁気ディスク1に記録再生を行うバッファおよびその制御部、また情報の記録再生回路等が備えられている。

【0004】以下、その動作について説明する。磁気ディスク1は情報の記録再生を行う場合、図示しないスピンドルモータによって一定回転数で回転駆動されている。この時磁気ヘッド2はアクチュエータ3によって磁気ディスク1上に位置決めされるが、アクチュエータ3の先端に設けられたサスペンション3bの押圧力と、図示しない磁気ヘッド2と一体的に形成されたスライダ及び磁気ディスク1間の空気流の作用力とがバランスする位置で浮上した状態で保持される。磁気ディスク1にはあらかじめ同心円状の各トラック上(図中aにひとつのトラックを破線で示す)に位置情報(図中b)が記録されている。位置情報bは各トラック上に一定間隔で記録され、磁気ヘッド2は磁気ディスク1の回転に伴って一定時間ごとに位置情報を再生することとなる。この位置情報が記録された領域をサーボ領域という。そしてこのサーボ領域以外の領域に情報を記録あるいは再生するのであるが、この領域をデータ領域という。磁気ヘッド2の再生信号はヘッドアンプ5によって検出、増幅することで制御部4に入力される。コントローラ4では入力された信号をもとに位置情報であることを判別し、その時の磁気ヘッド2の目標トラックaに対する位置誤差を演算しその位置誤差を低減するようにアクチュエータ3を駆動するのに必要な制御量を演算して制御信号を出力する。この場合位相補償などの制御方式が用いられる。ドライバ6は入力された制御信号をもとに必要な電流をアクチュエータ3の駆動コイル3cに供給する。これによって駆動コイル3cとこれと対向して設けられた永久磁石3dによって駆動力を発生しアクチュエータは点cを中心として回転し目標トラックa上に常に磁気ヘッド2を位置決めする。この状態のままデータ領域に磁気ヘッド2によって情報の記録再生が行われる。このように情報の記録再生を行うときには磁気ヘッドを目標トラック上に位置決めするクローズドループの位置決め制御系が採用されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような構成では次のような問題点が発生する。

【0006】すなわち磁気ディスク装置において大容量化を実現するためには、ひとつのトラック内に記録できる情報量を増やす、すなわち線記録密度を向上させるか、できるだけ多くのトラックを磁気ディスク1枚の中に形成する、すなわちトラック密度を向上させることが

必要である。この中でトラック密度を向上させる、言い換えると隣接するトラック間の距離（トラックピッチ）を狭くすると、情報を記録あるいは再生するときに隣接するトラックの情報と相互に干渉しないようにしないと正しく情報を記録再生できない。そのためには磁気ヘッドの目標トラックに対する位置決め精度を向上しなくてはならず、位置決め制御系の制御帯域を拡大する必要がある。

【0007】従来の方式では、制御帯域すなわち一巡伝達関数のカットオフ周波数は、アクチュエータのアーム部3aやサスペンション3b、駆動コイル3cなどの曲げやねじりなどの振動モードの共振周波数によってその拡大が制限される。図12(a)にアクチュエータの周波数応答特性、図12(b)にコントローラ4に位相補償を用いた場合の一巡伝達関数を示す。図12(b)に示すようにアクチュエータの2kHz付近の共振により位相遅れが発生し制御帯域は400Hzが限界である。実際にはばらつきや変動などを考慮してこれより制御帯域を低く設定しなくてはならずアクチュエータの振動モードの共振周波数に対して1/5~1/15までしか制御帯域を上げることができなかった。従って磁気ヘッドの位置決め精度の向上に限界があり、結果としてディスク装置の大容量化が困難となっていた。

【0008】本発明は上記問題点に鑑み、磁気ヘッドの位置決め精度を向上させ大容量化を可能とする磁気ディスク装置を含む情報記録再生装置を提供することを目的とするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の装置は、情報記録再生媒体と、情報記録再生媒体に対し相対的に移動しながら情報の記録再生を行うヘッドと、ヘッドを支持し、指令に応じて移動可能なアクチュエータと、ヘッドにより再生された信号に基づきアクチュエータに指令を与えて移動を制御する制御部とを備え、アクチュエータは剛体としての運動モードに加えて少なくとも一つ以上の振動モードを有するものであり、制御部は少なくとも一つ以上のアクチュエータの振動モードを含んだ内部モデルにより構成され、ヘッドの再生信号と、アクチュエータへの移動指令に対応する制御量とからアクチュエータの振動モードおよび剛体モードの状態量を推定する状態推定部と、状態推定部によって推定された各推定状態量から制御量を生成する制御量生成部とを含むように構成したものである。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図を用いて説明する。

【0011】（実施の形態1）図1は本発明の一実施形態を示す磁気ディスク装置の概略構成図を示し、図1において1は磁気ディスク、2は磁気ディスク1に情報の記録再生を行う磁気ヘッド、3は磁気ヘッド2を先端に

搭載し磁気ディスク1の任意の半径位置に位置決め動作を行うアクチュエータ、5は磁気ヘッド2の再生信号を検出、増幅するヘッドアンプ、4はヘッドアンプの出力から磁気ディスク1に対する磁気ヘッド2の相対位置を検出しアクチュエータ3を磁気ディスク1上の所定の位置に位置決めするための制御信号を出力するコントローラ、6は制御信号に対応する電流をアクチュエータ3へ供給するドライバである。また図示していないが、磁気ディスク1を回転駆動するスピンドルモータや、ホストとデジタル情報のやりとりを行うインターフェース部、それらの情報を蓄えて効率よく磁気ディスク1に記録再生を行うバッファおよびその制御部、また情報の記録再生回路等が備えられている。

【0012】以下、その動作について説明する。磁気ディスク1は情報の記録再生を行う場合、図示しないスピンドルモータによって一定回転数で回転駆動されている。この時磁気ヘッド2はアクチュエータ3によって磁気ディスク1上に位置決めされるが、アクチュエータ3の先端に設けられたサスペンション3bの押圧力と、図示しない磁気ヘッド2と一体的に形成したスライダ及び磁気ディスク1間の空気流の作用力とがバランスする位置で浮上した状態で保持される。磁気ディスク1にはあらかじめ同心円状の各トラック上（図中aにひとつのトラックを破線で示す）に位置情報（図中b）が記録されている。位置情報bはサーボ信号と言われ各トラック上に一定間隔で記録され、磁気ヘッド2は磁気ディスク1の回転に伴って一定時間ごとに位置情報を再生することとなる。このサーボ信号が記録された領域をサーボ領域という。そしてこのサーボ領域以外の領域に情報を記録あるいは再生するのであるが、この領域をデータ領域という。

【0013】磁気ヘッド2の再生信号はヘッドアンプ5によって検出、増幅することで制御部4に入力される。コントローラ4では入力された信号をもとにサーボ信号であることを判別し、その時の磁気ヘッド2の目標トラックaに対する位置誤差を演算しその位置誤差を低減するようにアクチュエータ3を駆動するのに必要な制御量を演算して制御信号を出力する。

【0014】ドライバ6は入力された制御信号をもとに必要な電流をアクチュエータ3の駆動コイル3cに供給する。これによって駆動コイル3cとこれと対向して設けられた永久磁石3dによって駆動力を発生しアクチュエータは点cを中心として回転して目標トラックa上に常に磁気ヘッド2を位置決めする。この状態のままデータ領域に磁気ヘッド2によって情報の記録再生が行われる。このように情報の記録再生を行うときには磁気ヘッドを目標トラック上に位置決めするクローズドループの位置決め制御系が採用されている。

【0015】次にコントローラ4の内部構成について詳しく説明する。図2にコントローラ4の構成を示す。4

a は磁気ディスク 1 上のサーボ信号を検出しデジタル信号に変換するサーボ信号検出部である。また 4 b は検出された位置情報から磁気ヘッド 2 をトラック上に位置決めするための制御量を演算する制御量演算部でマイクロコンピュータと演算アルゴリズムを記述したソフトウェアで実現されている。4 c はデジタル演算された制御量をアナログの制御信号に変換するデジタルアナログ変換部である。

【0016】サーボ領域は図 1 に示すように放射状に形成されているので磁気ヘッド 2 によって一定周波数 f_s で位置情報が検出され、制御量演算部 4 b はサーボ信号が検出される毎、すなわち周波数 f_s の周期 T_s 毎に制御量を演算する。本実施の形態では周波数 f_s は 7520 Hz、周期 T_s は 0.13 ms である。デジタルアナログ変換部 4 c はデジタル演算された制御量を保持し、制御量が更新される毎にすなわち T_s 時間毎にアナログ出力を更新する。

【0017】この制御量演算部 4 b における演算アルゴリズムについて以下に説明する。図 3 にアクチュエータ 3 の周波数応答特性を示す。図 3 にあるように、アクチュエータ 3 は剛体としてのモードのほかに 2.2 kHz 付近に共振をもつ第一の振動モードと 3.9 kHz の共振周波数をもつ第二の振動モードをもつ。このアクチュエータ 3 に対し、従来の演算アルゴリズムである位相補償フィルタを用いて制御量を演算した場合、第一の振動モードの存在によって制御帯域を 400 Hz までしか拡大することができないのは前述したとおりである。

【0018】そこで本実施形態では制御帯域の拡大を阻害する最も大きな要因になっているアクチュエータ 3 の第一の振動モードまでを考慮する。この時のアクチュエータ 3 の状態方程式は、状態変数ベクトルを x_n 、入力電流を u とすると (数 1) で表される。

【0019】

【数 1】

$$\begin{aligned} x_n &= (y \quad \theta \quad q_1 \quad \dot{q}_1)^T \\ \dot{x}_n &= A_{pn} x_n + b_{pn} u \\ y &= c_{pn} x_n \\ A_{pn} &= \begin{pmatrix} 0 & ky & 0 & 0 \\ 0 & 0 & kvb_{11} & kvb_{12} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -\omega_1^2 & -2\zeta_1 \omega_1 \end{pmatrix} \\ b_{pn} &= \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \omega_1^2 \end{pmatrix} \\ c_{pn} &= (1 \quad 0 \quad 0 \quad 0) \end{aligned}$$

【0020】ここで、 y は磁気ヘッドの磁気ディスク 1 に対する半径方向の位置、 θ はアクチュエータの回転角

度で $y = k y \times \theta$ の関係で表される。またルビの \cdot (ドット) は時間微分、 q_1 は振動モードの状態変数である。また、 $kv = k t / J$ は $k t$ が駆動コイル 3 c と永久磁石 3 d から構成させるモータのトルク定数、 J はアクチュエータの回転中心回りの慣性モーメントである。 ζ_1 、 ω_1 は第一の振動モードのダンピング係数、共振角周波数、 b_{11} 、 b_{12} は伝達係数である。

【0021】この状態方程式をサーボ信号が得られるサンプリング周期 T_s で離散化したシステムは (数 2) で表される。

【0022】

【数 2】

$$\begin{aligned} x_n[i+1] &= A_{pnd} x_n[i] + b_{pnd} u[i] \\ y[i] &= c_{pn} x_n[i] \\ A_{pnd} &= \exp[A_{pn} T_s] \\ b_{pnd} &= \int_0^{T_s} \exp[A_{pn} \tau] d\tau \cdot b_{pn} \\ c_{pn} &= (1 \quad 0 \quad 0 \quad 0) \end{aligned}$$

【0023】ここで各変数の添え字 $[i]$ はサンプリング時刻 ($= i \times T_s$) を表す。この状態方程式 (数 2) から、コントローラ内部に (数 3) で示す状態推定器 (オブザーバ) を構成する。ここで $\hat{\cdot}$ は各状態変数、あるいは状態変数ベクトルの推定値を表す。また k はオブザーバゲインである。

【0024】

【数 3】

$$\begin{aligned} \hat{x}_n[i+1] &= A_{pnd} \hat{x}_n[i] + b_{pnd} u[i] + k(y[i] - \hat{y}[i]) \\ \hat{y}[i] &= c_{pn} \hat{x}_n[i] \end{aligned}$$

【0025】次にオブザーバによって推定した第一の振動モードおよび剛体モードの状態変数を用いて、状態フィードバック制御量を (数 4) を用いて演算する。ここで f は状態フィードバックゲインである。

【0026】

【数 4】

$$\begin{aligned} u[i] &= f y \cdot (r[i] - \hat{y}[i]) - f_r \cdot \hat{x}_{nr}[i] \\ \hat{x}_n[i] &= (\hat{y}[i], \hat{x}_{nr}[i])^T \\ f &= (f_y, f_r) \end{aligned}$$

【0027】このように、コントローラを構成した場合の閉ループ伝達関数の周波数応答特性を図 4 (a) に示す。参考までに図 4 (b) に従来の位相補償フィルタを用いた場合の特性を示す。従来の方式の場合 (図 4

(b)) の制御帯域が 400 Hz であるのに対し本実施形態の場合 (図 4 (a)) では 800 Hz まで制御帯域が拡大されている。これは、コントローラ内に制御対象であるアクチュエータの振動モードを内部モデルとして含んだオブザーバを構成しそれによって推定された状態変数を用いて状態フィードバック制御系を構成すること

で、アクチュエータの振動状態に応じた制御入力を実時生成することができ、そのために従来以上の制御帯域の拡大が可能となるものである。従って磁気ヘッド2のトラック追従精度が高まり、磁気ディスク装置の大容量化が可能となるものである。

【0028】なお、本実施の形態については振動モードを一つだけ含む内部モデルをオブザーバとして構成したが、振動モードは複数含んでもよい。

【0029】（実施の形態2）次に本発明の第2の実施形態について説明する。第2の実施形態では第1の実施形態における制御量演算部4bの内部構成および動作のみが異なる。

【0030】すなわち、第1の実施形態においては状態推定器（オブザーバ）および状態フィードバック制御量演算部はサーボ信号が検出される毎、すなわち周波数 f_s の周期 T_s で上述した演算を行う。これによってオブザーバはサンプリング定理により $f_s/2$ 以下の共振周波数を有する振動モードについては内部モデルに含むことで状態変数を推定することができ、その推定値に基づいた状態フィードバック制御を行うことができる。しかし、より制御帯域を拡大するためにアクチュエータの振動モードのうちさらにその共振周波数が高いモードに対して内部モデルとしてオブザーバを構成しようとした場合には、サンプリング定理により $f_s/2$ 以上の周波数をもつ振動モードについてはその状態変数を推定することはできない。また $f_s/2$ の周波数以下の振動モードであってもその共振周波数が $f_s/2$ に近いと推定精度が低下しその結果として制御性能が劣化する、たとえば位置決め精度が低下したり過渡応答特性が劣化するという問題もある。この問題はサーボ信号の検出周波数 f_s を高くすることで回避できるが、 f_s を高くすることは1周あたりのサーボ信号の数を増やすことに他ならず、結果としてサーボ領域のディスク全体に占める割合が増加し情報を記録再生可能なデータ領域が少なくなって大容量化の要求とは相反してしまう。

【0031】そこで、本実施形態では、サーボ信号を増やすことなく、信号が検出される間もオブザーバの推定、制御量の演算を行うマルチレートサンプリングシステムを構成することで精度よく振動モードの推定を行う。

【0032】図5に本実施形態におけるコントローラの内部構成説明図を示す。第1の実施形態と同じく、4aは磁気ディスク1上のサーボ信号を検出しデジタル信号に変換するサーボ信号検出部であり、4bは検出された位置情報から磁気ヘッド2をトラック上に位置決めするための制御量を演算する制御量演算部、4cはデジタル演算された制御量をアナログの制御信号に変換するデジタルアナログ変換部である。

【0033】本実施形態では第1の実施形態とは異なりサーボ信号検出部の検出タイミングからサーボ信号検出

周期 T_s の5分の1の周期でタイミングクロックを出力する分周部を設けた点異なる。制御量演算部4bはサーボ信号検出部4aの出力とこの分周部4dの出力に基づいて動作する。

【0034】制御量演算部4bにおける演算アルゴリズムについて以下に説明する。本実施形態でも第1の実施形態と同じく図3に示す周波数応答特性を示すアクチュエータ3を用い、その第一の振動モードまでを考慮する。そしてこの振動モードを含むアクチュエータの状態変数を精度よく推定するために分周部4dのクロックタイミングで推定するオブザーバを構成する。すなわち周期 $T_s/5$ で（数1）のアクチュエータの状態方程式を離散化したシステムは（数5）で表される。

【0035】

【数5】

$$x_n[j] = A_{pnd2} x_n[j] + b_{pnd2} u[j]$$

$$y[j] = c_{pn} x_n[j]$$

$$A_{pnd2} = \exp[A_{pn} T_s / 5]$$

$$b_{pnd2} = \int_0^{T_s/5} \exp[A_{pn} \tau] d\tau \cdot b_{pn}$$

$$c_{pn} = (1 \ 0 \ 0 \ 0)$$

【0036】ここで各変数の添え字 j はサーボ信号の分周周期を基準としたサンプリング時刻（ $=j \times T_s/5$ ）を表す。

【0037】この状態方程式（数5）から、コントローラ内部に（数6）で示す状態推定器（オブザーバ）を構成する。 k はオブザーバゲインである。

【0038】

【数6】

$j = 5 \cdot m$ の時 (m : 整数)

$$\hat{x}_n[j+1] = A_{pnd2} \hat{x}_n[j] + b_{pnd2} u[j] + k(y[j] - \hat{y}[j])$$

$j \neq 5 \cdot m$ の時

$$\hat{x}_n[j+1] = A_{pnd2} \hat{x}_n[j] + b_{pnd2} u[j]$$

$$\hat{y}[j] = c_{pn} \hat{x}_n[j]$$

【0039】（数6）に示すようにサーボ信号を検出したときのみ（ $j = 5 \times m$ 、 m : 整数）、オブザーバの推定誤差と制御量 $u[j]$ の両方を用いて推定を行い、それ以外の時（ $j \neq 5 \times m$ ）の時は制御量 $u[j]$ のみによって推定する構成としている。このような構成によって、サーボ信号の検出される間も精度よく安定に状態変数を推定することができる。

【0040】次にオブザーバによって推定した第一の振動モードおよび剛体モードの状態変数を用いて、状態フィードバック制御量を（数7）を用いて演算する。ここで f は状態フィードバックゲインである。

【0041】

【数7】

$$\begin{aligned} u[j] &= f_y \cdot (r[j] - \hat{y}[j]) - f_r \cdot \hat{x}_r[j] \\ \hat{x}_n[j] &= (\hat{y}[j], \hat{x}_r[j]) \\ f &= (f_y, f_r) \end{aligned}$$

【0042】このように、コントローラを構成した場合のステップ応答波形を図6(a)に示す。参考までに図6(b)に本発明の第1の実施形態の場合の応答特性を示す。著しく過渡応答特性が良好であることが分かる。

【0043】なお、本実施形態の場合オブザーバの演算周期をサーボ信号の周期の1/5にとったが、必ずしもこれに限るものではない。演算周期はできるだけ短い周期にとるほど高い共振周波数の振動モードについて状態変数を推定することができるが、使用しているマイクロコンピュータの能力と必要とされる制御帯域、制御性能によって選択すればよい。

【0044】(実施の形態3)次に本発明の第3の実施形態について説明する。

【0045】図7は本発明の一実施形態を示す磁気ディスク装置の概略構成図を示すが、第1、第2の実施形態とはアクチュエータの回転方向の加速度を検出する加速度センサー7を設けた点と、コントローラ4の内部構成が異なるだけであるので共通部分に対する説明は省略する。

【0046】図8にコントローラ4の概略構成図を示す。図8において4a、4c、4dは実施の形態2におけるものと同等である。4eは加速度センサー7の信号をアクチュエータの回転運動の角加速度にアナログデジタル変換する加速度信号変換部で、分周部4dのクロック信号のタイミングで変換を行う。そして変換された値は制御量演算部4bに出力される。

【0047】制御量演算部4bにおける演算アルゴリズムについて以下に説明する。本実施形態でも第1、第2の実施形態と同じく図3に示す周波数応答特性を示すアクチュエータ3を用い、その第一の振動モードまでを考慮する。そしてこの振動モードを含むアクチュエータの状態変数を精度よく推定するために分周部4dのクロックタイミングで振動モードのみを推定する振動モードオブザーバと、サーボ信号の検出タイミングで剛体モードを推定する剛体モードオブザーバを構成する。

【0048】まず、アクチュエータの振動モードモデルを(数8)に剛体モードモデルを(数9)に示す。

【0049】

【数8】

$$\begin{aligned} \hat{x}_{dn}[j+1] &= A_{dn} \hat{x}_{dn}[j] + b_{dn} u[j] + k(y_d[j] - \hat{y}_d[j]) \\ \hat{y}_d[j] &= c_{dn} \hat{x}_{dn}[j] \end{aligned}$$

【0056】また、剛体モードオブザーバに対しては周期Tsで離散化したアクチュエータの剛体モードについての状態方程式、

【0057】

*

$$\begin{aligned} x_{dn} &= (q_1, \dot{q}_1) \\ \dot{x}_{dn} &= A_{dn} x_{dn} + b_{dn} u \\ y_d &= \ddot{\theta} = c_{dn} x_{dn} \\ A_{dn} &= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -\omega_1^2 & -2\zeta_1 \omega_1 \end{pmatrix} \\ b_{dn} &= \begin{pmatrix} 0 \\ \omega_1^2 \end{pmatrix} \\ c_{dn} &= (kvb_{11} \quad kvb_{12}) \end{aligned}$$

【0050】

【数9】

$$\begin{aligned} x_r &= (y \quad \dot{\theta}) \\ \dot{x}_r &= A_r x_r + b_r y_d \\ y &= c_r x_r \\ A_r &= \begin{pmatrix} 0 & ky \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \\ b_r &= \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \\ c_r &= (1 \quad 0) \end{aligned}$$

【0051】x_{dn}、x_rはそれぞれ振動モードの状態変数、剛体モードの状態変数である。また、y_dは加速度センサーの出力信号に対応する角加速度である。そのほかの記号については実施の形態1の場合と同じである。

【0052】振動モードオブザーバに対しては周期Ts/5で離散化したアクチュエータの第1の振動モードについての状態方程式、

【0053】

【数10】

$$\begin{aligned} x_{dn}[j+1] &= A_{dn} x_{dn}[j] + b_{dn} u[j] \\ y_d[j] &= c_{dn} x_{dn}[j] \\ A_{dn} &= \exp[A_{dn} Ts/5] \\ b_{dn} &= \int_0^{Ts/5} \exp[A_{dn} \tau] d\tau \cdot b_{dn} \\ c_{dn} &= (kvb_{11} \quad kvb_{12}) \end{aligned}$$

【0054】を用いて(数11)のように構成する。

【0055】

【数11】

【数12】

$$\begin{aligned}
 &13 \\
 \mathbf{x}_r[i+1] &= \mathbf{A}_{ra} \mathbf{x}_r[i] + \mathbf{b}_{ra} y_d[i] \\
 y[i] &= \mathbf{c}_r \mathbf{x}_r[i] \\
 \mathbf{A}_{ra} &= \exp[\mathbf{A}_r T_s] \\
 \mathbf{b}_{ra} &= \int_0^{T_s} \exp[\mathbf{A}_r \tau] d\tau \cdot \mathbf{b}_r \\
 \mathbf{c}_r &= (1 \quad 0)
 \end{aligned}$$

【0058】を用いて（数13）のように構成する。

【0059】

【数13】

$$\begin{aligned}
 \hat{\mathbf{x}}_r[i+1] &= \mathbf{A}_{ra} \hat{\mathbf{x}}_r[i] + \mathbf{b}_{ra} \cdot y_d[i] + \mathbf{k}(y[i] - \hat{y}[i]) \\
 \hat{y}[i] &= \mathbf{c}_r \hat{\mathbf{x}}_r[i]
 \end{aligned}$$

【0060】この構成によってサーボ信号が検出されない時間においても加速度センサーの信号をもとに時々刻々精度よく振動モードの推定を行うことができ、その結果として制御帯域の拡大、良好な制御特性の実現が可能となるものである。

【0061】これらの状態変数の推定値を用いて、状態フィードバック制御量は（数14）によって演算され、出力される。

【0062】

【数14】

$$\begin{aligned}
 u[j] &= f_y \cdot (r[i] - \hat{y}[i]) - f_\theta \cdot \dot{\theta}[i] - f_a \cdot \hat{\mathbf{x}}_{an}[j] \\
 \mathbf{f} &= (f_y \quad f_\theta \quad f_a)
 \end{aligned}$$

【0063】ここで、 i 、 j は実施の形態1および2において説明したサンプリング時刻を表し、時刻 i で示された変数は時間 T_s 毎にその値が更新され、時刻 j で示された変数は時間 $T_s/5$ 毎に値が更新されることを表す。また \mathbf{f} は状態フィードバックゲインである。

【0064】この場合の過渡応答特性を図9に示す。実施の形態2の場合（図6（a））と同様、良好な過渡応答特性が得られている。

【0065】なお、実施の形態2、3では過渡応答特性が改善される結果を示したが、これと同時に位置決め精度も向上させる効果も有する。また実施の形態2でも述べたが分周比は5に限るものではなく、必要性能と使用できるハードウェア資源の能力を勘案して決めればよい。

【0066】（実施の形態4）次に第4の実施の形態について図10を用いて説明する。図10において、1は磁気ディスク、10は磁気ディスク1を一定角速度で回転させるためのスピンドルモータである。2は磁気ディスク1に情報の記録再生を行う磁気ヘッドである。

【0067】20は磁気ヘッド2を磁気ディスク1の任意の記録トラックに位置決めするためのヘッド位置決め機構である。ヘッド位置決め機構20は、ヘッドキャリッジ21を備えており、ベース30に固定されたシャフト31に軸着された玉軸受け22によって回転自在に取

14

りつけられている。ヘッドキャリッジ21はセンターハブ21aを中心にヘッドアーム21b、コイルホルダ21c、カウンタウエイト21dがそれぞれ放射状に突出した形状を有している。ヘッドアーム21bの先端には板ばね状のサスペンション23によって、磁気ヘッド2が磁気ディスク1の記録面に近接して支持されている。またコイルホルダ21cにはコイル24が固着されている。コイル24には、わずかな空隙を介して磁石25が対向しており、磁石25はヨーク26を介してベース30に取り付けられている。コイル24と磁石25によっていわゆる平面型のボイスコイルモータが構成されている。

【0068】本実施形態において、ヘッドアーム21bとコイルホルダ21cの中心線のなす角 α は80度に、またヘッドアーム21bとカウンタウエイト21dのなす角 β は147度に設定されている。カウンタウエイト21dは、ヘッドキャリッジ21の質量中心を回転軸すなわちシャフト31の中心軸に一致させるとともに、ヘッドキャリッジ21を駆動したときの振動モードが安定となるようその質量及び剛性が設定されている。すなわちヘッドキャリッジ21は上記した構成によって静力学的にも動力学的にも安定化が図られている。

【0069】このことを言い換えると、本実施の形態におけるヘッドキャリッジ21では実施の形態1～3で示した制御帯域の拡大を阻害する第1の振動モードが安定化されていることを意味する。振動モードが安定化されるということは、その振動モードの共振周波数において位相が進むことであるとも言え、この場合この振動モードは安定であって、制御帯域の拡大の阻害要因にはならない。この時には従来の位相補償フィルタを用いたコントローラでも制御帯域の拡大をはかることができるが、安定化された振動モードよりさらに高い不安定な振動モードを内部モデルとして含むようなコントローラを実施の形態1～3で示したように構成することでさらに制御帯域を拡大することができる。

【0070】以上の全ての実施形態においては、磁気ディスク装置を例として説明したが、同じようにクロズドループ制御を行う光ディスク装置やテープ装置においても適用可能であることはいうまでもない。また、位置情報が離散的に存在する構成の場合について述べたが、連続的に位置情報が存在する場合にも適用可能でその場合はサーボ信号を一定時間間隔でサンプリングすることによって本発明と同様の構成を実現し同様の効果を得ることができる。

【0071】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、アクチュエータの振動モードの共振周波数に対して制御帯域を1/5以上に拡大することが可能となり、その結果磁気ヘッドの位置決め精度を向上させることができ、トラック間隔を小さくすることができる。従って磁気ディスク装

置の大容量化が可能となるという効果が得られる。また、本発明をヘッドの位置情報をフィードバックして位置決めする事によって情報の記録再生を行う他の方式の情報記録再生装置に適用することで、その情報記録再生装置の大容量化を図ることができるという効果も得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態における磁気ディスク装置の概略構成図

【図2】第1の実施形態におけるコントローラの構成説明図

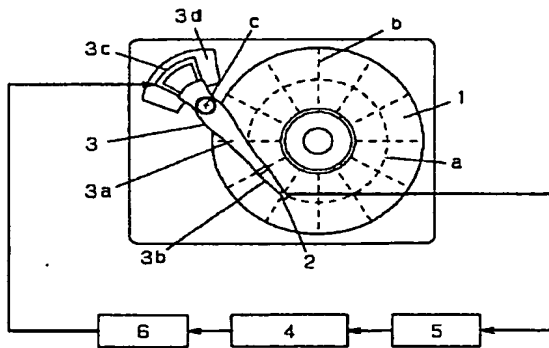
【図3】第1の実施形態におけるアクチュエータの周波数応答特性図

【図4】第1の実施の形態における磁気ディスク装置の閉ループ特性の周波数応答特性図

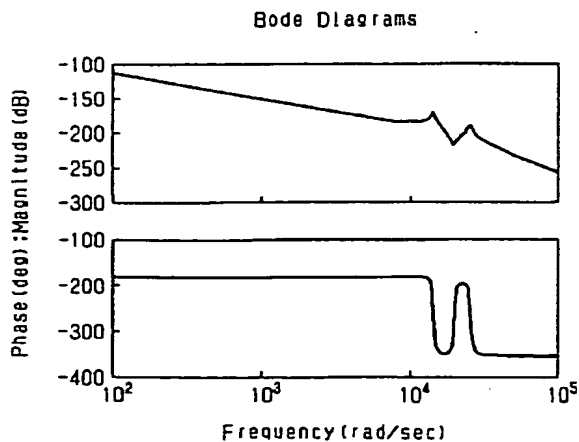
【図5】本発明の第2の実施形態におけるコントローラの構成説明図

【図6】第2の実施形態における磁気ディスク装置のステップ応答特性図

【図1】



【図3】



【図7】本発明の第3の実施の形態における磁気ディスク装置の概略構成図

【図8】第3の実施形態におけるコントローラの構成説明図

【図9】第3の実施形態における磁気ディスク装置のステップ応答特性図

【図10】本発明の第4の実施の形態における磁気ディスク装置の概略構成図

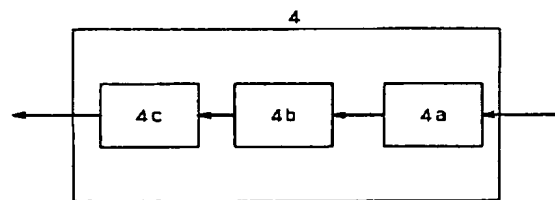
【図11】従来の磁気ディスク装置の概略構成図

【図12】従来の磁気ディスク装置の一巡伝達特性の周波数応答特性図

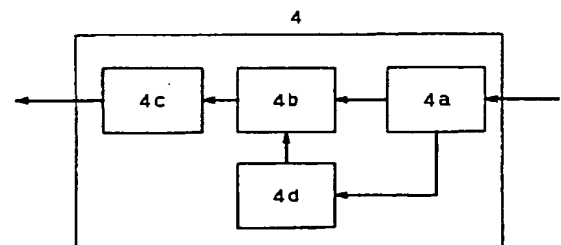
【符号の説明】

- 1 磁気ディスク
- 2 磁気ヘッド
- 3 アクチュエータ
- 4 コントローラ
- 5 ヘッドアンプ
- 6 ドライバ
- 7 加速度センサー

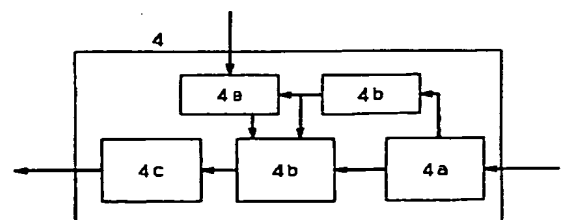
【図2】



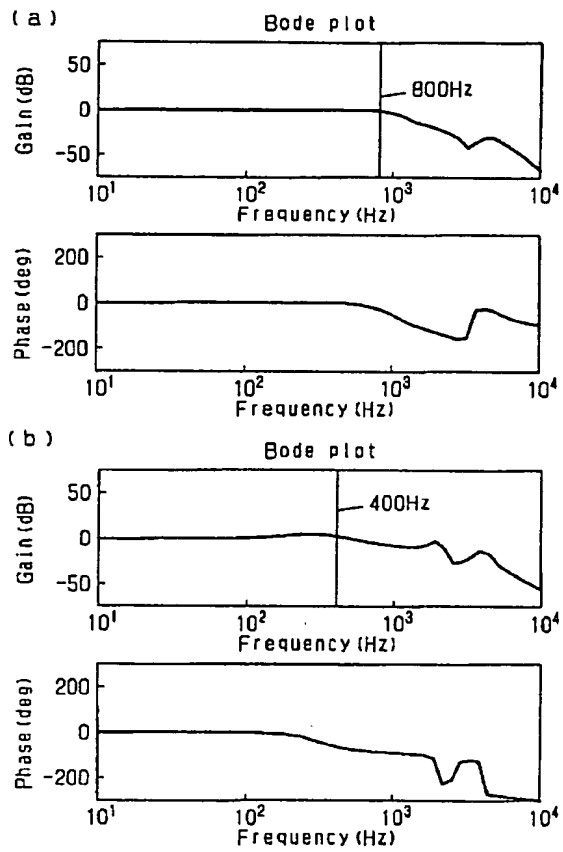
【図5】



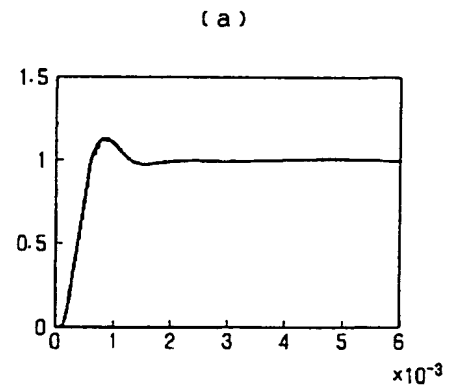
【図8】



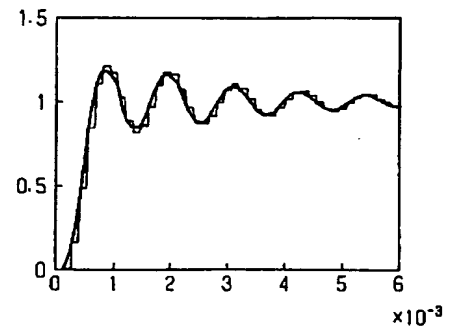
【図4】



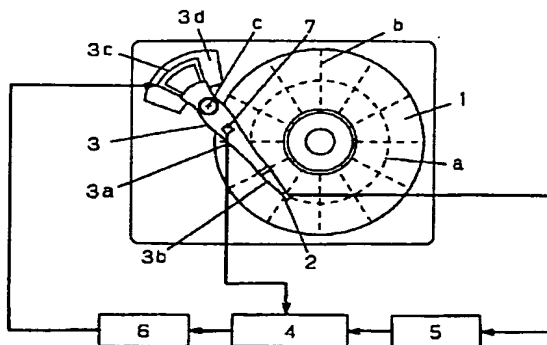
【図6】



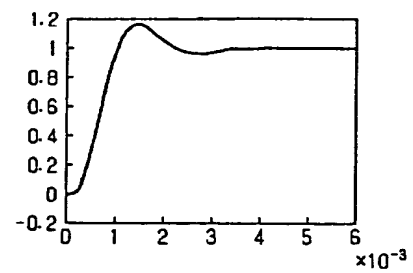
(b)



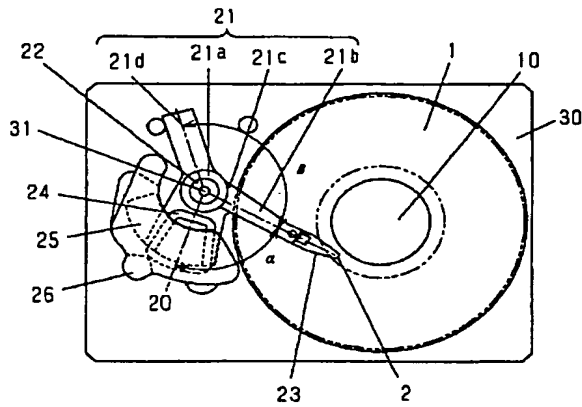
【図7】



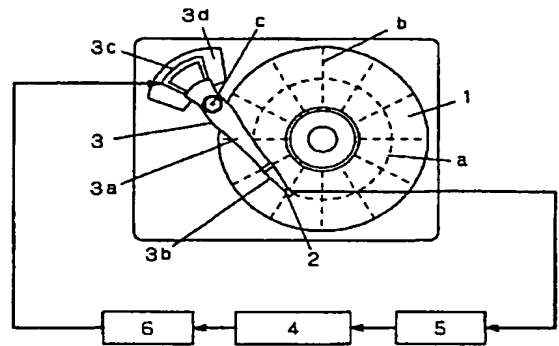
【図9】



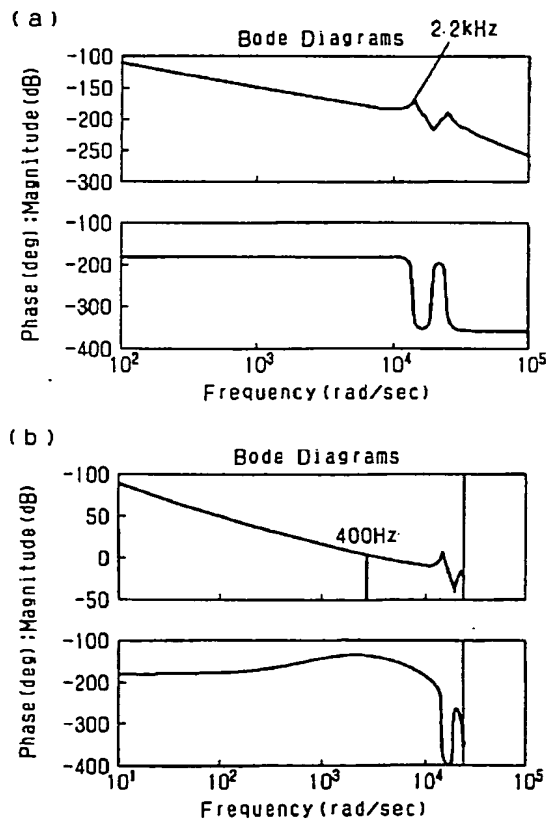
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 桑本 誠
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 和田 敏之
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内